Journal of Iranian Plant Protection Research

https://jpp.um.ac.ir

Research Article
Vol. 37, No. 3, Fall 2023, p. 275-288

Spatial Distribution of Different Life Stages of *Monosteira alticarinata* (Hemiptera: Tingidae) in Birjand Region

S.A. Notghi Moghadam[1], H. Sadeghi-Namaghi[2*], S. Moodi[3]

Received: 19-06-2023
Revised: 01-09-2023
Accepted: 05-09-2023
Available Online: 05-09-2023

How to cite this article:
Notghi Moghadam, S.A., Sadeghi-Namaghi, H., & Moodi, S. (2023). Spatial distribution of different life stages of *Monosteira alticarinata* (Hemiptera: Tingidae) in Birjand region. *Journal of Iranian Plant Protection Research, 37*(3), 275-288. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22067/jpp.2023.83016.1149

Introduction

The jujube, *Ziziphus jujuba* Mill. is a well-known medicinal plant with various nutritional values and pharmacological properties which grows in South Khorasan province, Iran, as the major producer of jujube in Iran. The jujube lace bug, *Monosteira alticarinata* Ghauri (Hemiptera: Tingidae) is the second most important pest of jujube trees after the jujube fruit fly, *Carpomyia vesuviana* Costa (Diptera: Tephritidae) in South Khorasan province. Its occurrence in Iran was reported for the first time in 2012 by Moodi from Birjand in South Khorasan province. Adults of *M. alticarinata* overwinter on the bark of trees, under fallen leaves and in spring they move to young jujube leaves where they feed and lay eggs on the underside, thus starting infestations. Both *M. alticarinata* adults and nymphs feed on underside of leaves and produce small chlorotic stippling on the upper leaf surface. Leaf undersides appear specifically black varnish spotted due to lace bug excrement. Their injury reduces photosynthesis and respiration and also causes aesthetically displeasing injured leaves. As a result, foliage becomes bronzed and leaves may drop early. The accumulation of excrements on the leaves, also results in reduction of the gas exchange like other lace bugs. Distribution pattern of an insect population is an important aspect as it represents the interaction between individuals of the species and their habitat. The importance of spatial distribution comes from its central role in ecological theories and its practical role in population sampling theory as well as in the development of rational pest management strategies. For these reasons, a great deal of effort has been invested in characterizing the spatial distribution of insect populations. Spatial dispersion of a population usually follows one of three models: aggregated (or contagious), random (or by chance) or uniform (or regular). To determine the spatial distribution pattern of a given species it is necessary to obtain data on the count of individuals in the ecosystem to be considered. Despite the importance of *M. alticarinata* in the region, no study has been conducted on the distribution of this pest in jujube plant in Iran. Knowledge of spatial distribution of *M. alticarinata* is useful for designing, pest management and development of population models and assessment of levels of its damage.

Materials and Methods

To investigate the spatial distribution pattern of different life stages of *M. alticarinata*, samplings were done weekly of jujube trees in 2020. Jujube leaf was selected as sampling unit and the reliable sample size with maximum relative variation of 20% was obtained 50. The number of egg, nymph and adult was recorded in three heights of jujube trees (1.5, 2, and 3 meters). The spatial distribution pattern of different life stages of lace bug was determined using mean-variance ratio, Lloyd's mean crowding index, Taylor´s power low and Iwao´s

1 and 2- Ph.D. and Professor, Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran, respectively.
(*- Corresponding Author Email: sadeghin@um.ac.ir)
3- Assistant Professor, Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Birjand University, Birjand, Iran
https://doi.org/10.22067/jpp.2023.83016.1149

patchiness regression model.

Results and Discussion

Spatial distribution of an insect is affected by various environmental factors such as food, temperature, light, habitat condition, and other biotic and abiotic factors. The results of the study indicated an aggregated pattern for the spatial distribution of *M. alticarinata* in almost all heights of jujube. In other words, different heights of jujube did not have any marked effect on the distribution pattern of this pest. Information on spatial distribution of *M. alticarinata* can be used in estimating the number of samples required from an area to reliably estimate pest infestation levels to develop effective management programs. Similar to our results, the change in plant height did not affect the spatial distribution pattern of *Agonoscena pistaciae* and *Diaphorina citri* nymphs and in both cases the pattern of distribution was reported to be aggregated. Aggregated distribution is the most common pattern of spatial distribution in the world of harmful insects which is consistent with the results of this research.

Conclusion

M. alticarinata presented an aggregated spatial distribution in different life stages. The causes of aggregation in these lace bugs might be due to their inherent active aggregative behavioral response such as in a situation where the presence of one individual attracts the others, perhaps for the purpose of feeding and reproduction. Knowledge of the spatial distribution of this pest can be useful in designation of suitable sampling programs and it makes us estimate the density of this pest faster with low cost.

Keywords: Jujube lace bug, Jujube pests, Population distribution indices, Spatial distribution

نشریه پژوهش‌های حفاظت گیاهان ایران
https://jpp.um.ac.ir

مقاله پژوهشی
جلد ۳۷ شماره ۳، پاییز ۱۴۰۲، ص. ۲۸۸-۲۷۵

الگوی پراکنش فضایی مراحل مختلف زیستی سنک عناب *Monosteira alticarinata* (Hemiptera: Tingidae) در شهرستان بیرجند

سیده آسیه نطقی مقدم[۱]- حسین صادقی نامقی[۲*]- سعید مودی[۳]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۳/۲۹
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۰۶/۱۰
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۶/۱۴

چکیده

عناب، *Ziziphus jujuba* Mill. گیاه دارویی شناخته شده با ارزش غذایی و خواص دارویی مختلف است که بیش‌ترین سطح زیـر کشـت آن در ایران به استان خراسان جنوبی اختصـاص دارد. سـنک عنـاب *Monosteira alticarinata* Ghauri (Hemiptera: Tingidae) پـس از مگـس عناب *Carpomyia vesuviana* Costa (Diptera: Tephritidae) از مهم‌ترین آفات درختان عناب در استان خراسـان جنـوبی اسـت. حشـرات کامل و پوره‌ها از شیره‌ی گیاهی در سطح زیری برگ‌های میزبان تغذیه می‌کنند و باعث ایجاد نقاط رنگ‌پریده در سطح رویی برگ‌ها می‌شوند. درختـان آلوده دچار خزان زودرس شده و کمیت و کیفیت محصول آن‌ها به شدت کاهش می‌یابد. به منظور بررسی الگوی پراکنش فضایی مراحل مختلف زندگی این آفت، نمونه‌برداری‌های هفتگی و منظم از درختان عناب در سال ۱۳۹۹ انجام شد. برگ عناب به عنوان واحد نمونه‌برداری انتخاب و اندازه‌ی مناسـب نمونه با حداکثر خطای ۲۰ ٪ معادل ۵۰ واحد نمونه‌برداری تعیین و تراکم جمعیت تخم، پوره و حشره‌ی کامل در سه ارتفاع مختلف درختان عناب (۱/۵، ۲ و ۳ متر) شمارش شد. الگوی پراکنش فضایی مراحل مختلف زندگی سنک با استفاده از روش‌های نسبت واریانس به میانگین، شاخص میانگین ازدحام لوید، روش‌های رگرسیونی تیلور و آیوائو تعیین شد. پراکنش فضایی مراحل مختلف زندگی سنک عناب در سه ارتفـاع درختـان عنـاب مـورد بررسـی بـا استفاده از روش‌های یادشده، از نوع تجمعی به دست آمد. آگاهی از نحوه‌ی پراکنش *M. alticarinata* موجب درک بهتر رابطه‌ی حشره و زیستگاه آن شده و می‌تواند اطلاعاتی برای تفسیر جابجایی‌های مکانی، مدل‌های رشد جمعیت و مهم‌تر از همه مدیریت و کنترل آفت فراهم آورد.

واژه‌های کلیدی: آفات عناب، توزیع مکانی، سنک عناب، شاخص‌های پراکنش جمعیت

مقدمه

عناب با نام علمی *Ziziphus jujuba* Mill متعلق بـه خـانواده‌ی Rhamnaceae و یکی از مهم‌ترین گونه‌های جنس *Ziziphus* اسـت (Tahergorabi *et al.*, 2015). گیاه عناب دارای کاربردهای دارویـی فراوانی است به طوری که از این گیاه در طب سنتی چـین بـا عنـوان "میوه‌ی زندگی" یاد می‌شود. در ایران، کشت عناب به‌صورت پراکنده در استان‌های اصفهان، فارس، قزوین، قم، گلستان، لرسـتان، کرمـان، مازندران، مرکزی، همدان، یزد، خراسان رضوی و شمالی گزارش شده است ولی بیش‌ترین سطح زیر کشت این درخت بـه اسـتان خراسـان جنوبی اختصاص دارد (Ghouth, 2008;Zargari, 1997). با توجه به محدودیت منابع آب شیرین و خشکسالی‌های مداوم، تولیـد عنـاب در مقایسه با سایر محصـولات بـاغی و زراعـی اسـتان از مزیـت نسـبی بالاتری برخوردار بوده است. به همین دلیل استقبال عمومی بـاغداران برای توسعه‌ی این محصول در حال افزایش است (Tawizi, 2018).

۱ و ۲- به‌ترتیب دانش‌آموخته دکتری تخصصی و استاد گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: sadeghin@um.ac.ir)
۳- استادیار گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران
https://doi.org/10.22067/jpp.2023.83016.1149

سنک عناب یکی از آفات مهم عناب است که پس از مگس عناب در درجه‌ی دوم اهمیت قرار دارد. این آفت برای نخستین بار توسط مودی (Moodi, 2002) از ایران و از شهرستان بیرجند گزارش شد. این آفت بیشتر در سطح زیری برگ‌ها و از شیره‌ی سلولی تغذیه و در صورت تراکم آفت روی هر دو سطح فعالیت می‌کند. فعالیت پوره‌ها و حشرات کامل در زیر برگ باعث ایجاد نقاط رنگ‌پریده در سطح رویی می‌شود. درختان آلوده دچار خزان زودرس شده و کمیت و کیفیت محصول آن‌ها به شدت کاهش می‌یابد (Moodi, 2002).

مطالعه‌ی بسیاری از ویژگی‌های جمعیتی آفات و دشمنان طبیعی آن‌ها در شرایط صحرایی مستلزم نمونه‌برداری از جمعیت آن‌ها است. در نمونه‌برداری از جمعیت حشرات، علاوه بر انتخاب تکنیک مناسب، بایستی برنامه‌ی مناسب نمونه‌برداری را نیز طراحی کرد (Southwood and Henderson, 2000). آن‌چه در یک برنامه‌ی مناسب نمونه‌برداری دنبال می‌شود شامل انتخاب واحد نمونه‌برداری، تعیین تعداد مناسب نمونه، تعیین توزیع مکانی واحد نمونه‌برداری و انتخاب زمان مناسب نمونه‌برداری است (Pedigo and Buntin, 1994). برنامه‌ی نمونه‌برداری به‌عنوان یک ابزار تصمیم‌گیری در مدیریت مبارزه با آفات مورد استفاده قرار می‌گیرد و در این میان تعیین الگوی توزیع فضایی آفت نقش موثری را در طراحی یک برنامه‌ی مناسب نمونه‌برداری ایفا می‌کند (Boeve and Weiss, 1998; Liu *et al.*, 2002; Cho *et al.*, 2005). الگوی توزیع فضایی حشرات نه تنها در تنظیم برنامه‌ی نمونه‌برداری مفید است بلکه ابزاری برای استفاده در مدل‌های ارزیابی خسارت آفات (Hughes, 1996)، بررسی ویژگی‌های رفتاری و اکولوژیک گونه‌ها (Faleiro *et al.*, 2002; Southwood and Henderson, 2000)، مطالعه‌ی روابط میزبان-دشمن طبیعی (Southwood, 1995; Winder *et al.*, 1999; Bakhshizadeh *et al.*, 2011) و تعیین میزان رشد جمعیت گونه‌ها (Jarosik *et al.*, 2003) محسوب می‌شود. پراکنش جمعیت یک گونه حشره ممکن است به یکی از سه نوع تصادفی[1]، تجمعی[2] یا یکنواخت[3] باشد (Southwood and Henderson, 2000). دما، رطوبت، الگوی تخم‌گذاری، محل تخم گذاری، کارایی دشمنان طبیعی، انبوهی گونه‌ی میزبان، کیفیت گیاه میزبان، کایرومون‌های میزبان، فرومون‌های تجمعی، ویژگی‌های رفتاری مراحل نابالغ، نحوه‌ی توزیع منابع غذایی (Nestel *et al.*, 1995)، شکل و شیوه‌ی کاشت زراعت‌ها، میزان یکنواختی محصول، نوع خاک (Rajabi, 1999)، رقم‌های (واریته‌های) مختلف گیاه میزبان (Sedaratian *et al.*, 2010) و شدت نور (Gossner, 2009)

1- Random
2- Clumped
3- Uniform

می‌توانند در شکل و نوع پراکنش فضایی حشرات گیاه‌خوار موثر باشند. بنابراین، آگاهی از الگوی توزیع فضایی جمعیت حشرات می‌تواند اطلاعات مهمی را در مورد ویژگی‌های رفتاری گونه‌ها و نیز تاثیر عوامل محیطی بر جمعیت آن‌ها ارایه کند (Shanower and Romeis, 1999). روش‌های مختلفی از جمله: شاخص تجمع[4]، نسبت واریانس به میانگین[5]، شاخص میانگین ازدحام لوید[6]، شاخص موریسیتا[7]، شاخص گرین[8] و روش‌های رگرسیونی تیلور و آیوائو[9] برای تعیین نوع الگوی توزیع فضایی وجود دارد (Sedaratian *et al.*, 2010; Darbemamieh *et al.*, 2011).

الگوی توزیع فضایی حشرات توسط محققین مختلفی بررسی شده است. به عنوان مثال، جمشیدی و همکاران (Jamshidi *et al.*, 2017) پراکنش فضایی مرحله پورگی پسیل زبان‌گنجشک *Psyllopsis discrepans* Flor را در کرمانشاه در طی دو سال بررسی کردند. نتایج آن‌ها بر اساس شاخص های تیلور و آیوائو، الگوی توزیع فضایی پسیل را در هر دو سال از نوع تجمعی نشان داد. صبوری و همکاران (Sabouri *et al.*, 2018) الگوی توزیع فضایی شته‌های مهم یونجه در مزارع یونجه‌ی شمال استان لرستان را با استفاده از روش رگرسیونی تیلور و آیوائو از نوع تصادفی به دست آوردند. نهرنگی و واحدی (Nehrangi and Vahedi, 2018) الگوی توزیع فضایی شپشک *Kermes quercus* (L.) در جنگل‌های بلوط گیلان‌غرب را در مدل آیوائو برای تمام مراحل زندگی و در مدل تیلور برای مرحله‌ی بالغ بعد از تخم‌ریزی از نوع تجمعی گزارش کردند. در بررسی‌های توکلی‌زاده و همکاران (Tavakoli Zadeh *et al.*, 2019) در منطقه‌ی رفسنجان، الگوی پراکنش فضایی پوره‌ی پسیل معمولی پسته *Agonoscena pistaciae* Burckhardt and Lauterer در سه ارتفاع بالا، پایین و میانی درخت با روش نسبت واریانس به میانگین، شاخص ازدحام لوید و روش‌های رگرسیونی تیلور و آیوائو از نوع تجمعی و برای تخم پسیل نیز با استفاده از روش‌های نسبت واریانس به میانگین و شاخص ازدحام لوید ازنوع تجمعی گزارش شد. دهپهنی و همکاران (Deh-Pahni *et al.*, 2020) پراکنش فضایی مراحل نابالغ زنجرک مو *Arboridia kermanshah* Dlabola را با استفاده از روش‌های رگرسیونی تیلور و آیوائو، شاخص پراکندگی، شاخص موریسیتا و میانگین ازدحام لوید روی انگور در شهرستان کرمانشاه بررسی کردند. پراکنش فضایی این حشره با

4- Index of dispersion
5- Variance to the mean
6- Lloyd’s mean crowding index
7- Morisita’s index
8- Green index
9- Iwao’s patchiness regression and Taylor’s power law methods

استفاده از اغلب روش‌های یاد شده، تجمعی به دست آمد. زارعی احمدآبادی و همکاران (Zareii Ahmad-Abadi *et al.*, 2022) الگوی توزیع فضایی مراحل مختلف زندگی شپشک *Eulecanium tiliae* L. روی گیلاس در غرب ایران را با استفاده از روش‌های رگرسیونی تیلور و آیوائو از نوع تجمعی به دست آوردند.

اطلاع از نوع پراکنش فضایی مراحل مختلف سنک عناب *M. alticarinata*، می‌تواند در طراحی و اجرای برنامه‌های کنترلی این آفت مفید واقع شود. هدف از انجام این پژوهش تعیین نوع پراکنش فضایی مراحل مختلف سنک عناب روی درختان عناب در منطقه‌ی بیرجند و تکمیل اطلاعات برای ارایه‌ی یک برنامه جامع مدیریت این آفت بود.

مواد و روش‌ها

واحد نمونه‌برداری

در این پژوهش برگ عناب به عنوان واحد نمونه‌برداری انتخاب شد. از ابتدای فصل زراعی سال ۱۳۹۹ و هم‌زمان با فعال شدن درختان عناب، به طور هفتگی از تعداد حداقل ۱۰ درخت عناب در باغ شخصی در حومه‌ی بیرجند به طول جغرافیایی ۵۹ درجه و ۱۳ دقیقه و عرض جغرافیایی ۳۲ درجه و ۵۳ دقیقه واقع در انتهای بلوار شهید آوینی اقدام به نمونه‌برداری‌های هفتگی شد. برای این کار از هر درخت جمعا ۱۵ برگ از ارتفاع های ۱/۵ متری، ۲ متری و ۳ متری از سطح زمین (هر ارتفاع ۵ برگ) به صورت تصادفی (۴ برگ از چهار جهت جغرافیایی و یک برگ از میانه آسمانه درخت) تهیه و پس از حمل به آزمایشگاه بلافاصله نسبت به شمارش مراحل مختلف زیستی آفت در زیر استریومیکروسکوپ اقدام و نتایج به طور جداگانه برای هر مرحله‌ی زیستی در جداول مربوط ثبت شد.

زمان نمونه‌برداری

نمونه‌برداری در طول یک فصل زراعی و در فاصله‌های زمانی هفت روز به طور منظم، از تاریخ ۱۳۹۹/۲/۱۳ تا ۱۳۹۹/۸/۲ بین ساعت ۴ تا۶ عصر انجام شد. جمعاً نمونه‌برداری در ۲۶ تاریخ انجام شد.

تعیین اندازه‌ی نمونه

برای تعیین تعداد نمونه‌ی مورد نیاز، ابتدا یک نمونه برداری اولیه با ۵۰ واحد نمونه (برگ) انجام شد. با توجه به میانگین تراکم جمعیت در نمونه‌برداری اولیه و دقت مورد نیاز برای تخمین میانگین جمعیت (حداکثر خطای ۰/۲۵)، برای محاسبه‌ی درصد خطای نسبی RV از معادله‌ی (۱) و تخمین اندازه‌ی نمونه در نمونه‌برداری‌های بعدی از معادله‌ی (۲) استفاده شد.

$$RV = \frac{SE}{m} \quad (۱)$$

در این معادله، m میانگین جمعیت در نمونه‌برداری اولیه و SE خطای استاندارد نمونه‌برداری اولیه است.

$$N = ((t * SD)/(D * m))^2 \quad (۲)$$

در این معادله N تعداد نمونه‌ی مورد نیاز، t عدد t در جدول استیودنت، SD انحراف معیار داده‌ها در نمونه‌برداری اولیه، D حداکثر خطای قابل قبول است که برای کارهای مدیریتی ۲۵ صدم و برای کارهای تحقیقاتی ۱۰ صدم است و m میانگین داده‌های حاصل در نمونه‌برداری اولیه است (Pedigo and Buntin, 1994).

تعیین الگوی پراکنش فضایی

برای تعیین نوع پراکنش فضایی مراحل مختلف زیستی حشره از چهار روش نسبت واریانس به میانگین، شاخص میانگین ازدحام لوید و روشهای رگرسیونی قانون توان تیلور و آیوائو به شرح ذیل استفاده شد:

روش نسبت واریانس به میانگین

در این روش اگر نسبت S^2/m بزرگ‌تر از یک باشد، پراکنش از نوع تجمعی، اگر این نسبت برابر یک بود پراکنش تصادفی و اگر نسبت کوچک‌تر از یک بود پراکنش از نوع یکنواخت خواهد بود. پس از محاسبه‌ی نسبت واریانس به میانگین، شاخص I_D یا شاخص پراکندگی به منظور انجام آزمون وجود اختلاف معنی‌دار نسبت واریانس به میانگین، با عدد ۱ از معادله‌ی (۳) محاسبه شد (Pedigo and Buntin, 1994):

$$I_D = \frac{(n-1)S^2}{m} \quad (۳)$$

در این معادله S^2، واریانس نمونه‌ها؛ n تعداد نمونه و m میانگین داده‌ها است. پس از محاسبه‌ی I_D مقدار عددی Z از معادله‌ی (۴) محاسبه شد:

$$Z = \sqrt{2I_D} - \sqrt{(2v-1)} \quad (۴)$$

در این معادله v درجه آزادی (n-1) و n تعداد نمونه است. هرگاه مقدار Z به دست آمده بین ۱/۹۶ و ۱/۹۶- باشد، توزیع از نوع تصادفی بوده و مقدار S^2/m اختلاف معنی‌داری با یک ندارد. هرگاه مقدار Z بیش‌تر از ۱/۹۶ باشد، توزیع از نوع تجمعی و اگر کوچک‌تر از ۱/۹۶- باشد، توزیع از نوع یکنواخت خواهد بود (Patil and Stiteler, 1974; Southwood and Henderson, 2000).

شاخص میانگین ازدحام لوید (x^*)

شاخص میانگین ازدحام لوید با استفاده از معادله‌ی (۵) به دست

آمد.

$$x^* = m + \left(\frac{s^2}{m}\right) - 1 \qquad (۵)$$

در این معادله x^* شاخص میانگین ازدحام لوید، S^2 واریـانس و m میانگین داده‌ها است. معادله‌ی فوق بعدها توسط لوید تکمیل شد و به عنوان شاخص ازدحام لکه‌ای (IP) به صورت رابطه x^*/m ارایـه شـد. زمانی‌که x^*/m بزرگ‌تر از یک، مساوی یک و کوچک‌تر از یک باشـد الگوی توزیع فضایی به ترتیب تجمعی، تصادفی و یکنواخـت در نظـر گرفته می‌شود.

روش رگرسیونی تیلور

برای تعیین الگـوی پـراکنش فضـایی بـا اسـتفاده از ایـن روش، لگاریتم میانگین و واریانس داده‌های مربوط به هر تاریخ نمونه‌برداری محاسبه شد. آنگاه با استفاده از معادله‌ی (۶) مقدار a و b به دست آمـد (Taylor, 1961).

$$\log s^2 = \log a + b \log m \qquad (۶)$$

در این معادله S^2 واریـانس، m میـانگین نمونـه‌هـا در هـر تـاریخ نمونه‌برداری، a عرض از مبدأ خط رگرسیون، b شیب خط رگرسـیون است. در صورتی که b بزرگ‌تر، مساوی یا کوچـک‌تـر از یـک باشـد، توزیع فضایی آفت به ترتیب تجمعی، تصادفی یا یکنواخت خواهد بود. آزمون معنی‌دار بودن اختلاف ضریب رگرسیون (شاخص b) نسبت بـه عدد یک به کمک آماره‌ی t با معادله‌ی (۷) انجام شد.

$$t = (b-1)/SE_b \qquad (۷)$$

مقدار t محاسبه شده با مقدار t جدول بـا درجـه آزادی n-1 مـورد مقایسه قرار گرفت. چنانچه قدر مطلق مقدار t محاسبه شده نسبت بـه t جدول بیش‌تر بود، در آن صورت شاخص b تیلـور نسـبت بـه یـک اختلاف معنی‌داری داشته و توزیع فضایی آفت تجمعی اسـت (Feng and Nowierski, 1992).

شاخص β آیوائو

این شاخص در حقیقت شیب رابطـه‌ی رگرسـیونی بـین شـاخص متوسط ازدحام لوید (m^*) و میانگین جمعیت آفت (m) است که طبـق معادله‌ی (۸) محاسبه می‌شود:

$$m^* = \alpha + \beta m \qquad (۸)$$

در معادله‌ی فوق α نشان دهنده‌ی تمایل افراد جمعیت به تجمـع (در صورت مثبت بودن) یا دافعه‌ی بین افراد (در صورت منفی بـودن) است (Southwood, 1978) و β (شیب خط رگرسیون) نشان‌دهنده‌ی نوع پراکنش جمعیت است که ماننـد پـارامتر b تیلـور عمـل مـی‌کنـد (Iwao and Kuno, 1968). برای مقایسه‌ی معنی‌دار بودن آن نسبت به عدد یک از معادله‌ی (۷) استفاده شد.

نتایج

تعیین تعداد نمونه

مقدار خطای نسبی نمونه‌برداری اولیه برای هر سه ارتفـاع ۱/۵، ۲ و ۳ متر درخت برای سنک عناب به ترتیب ۹/۸۸، ۱۰/۰۴ و ۱۰/۰۷ به دست آمد که برای هدف‌های این پژوهش مناسب بود. بنابر نتایج بـه دست آمده از نمونه‌برداری اولیه، تعداد نمونه‌ی مورد نیاز، برای برنامـه‌ی نمونه‌برداری با خطای قابل قبول ۲۰ درصد برابر با ۵۰ واحد نمونه-برداری به دست آمد. با توجه به نزدیک بودن مقادیر به دست آمده در تعیین تعداد نمونه‌ی مورد نیاز، برای هر سه ارتفاع، برابر بـا بـالاترین مقدار به دست آمده یعنی ۵۰ عدد برگ انتخاب شد (جـدول ۱) بـرای این منظور ۱۰ اصله درخت عناب به طـور تصـادفی انتخـاب و از هـر درخت ۱۵ برگ شامل سه ارتفاع و هر ارتفاع ۵ برگ به‌طـور تصـادفی چیده شد.

جدول ۱- خطای نسبی و اندازه‌ی نمونه‌ی مورد نیاز برای تعیین الگوی پراکنش فضایی سنک عناب (*Monosteira alticarinata*) در سه ارتفاع (۱/۵، ۲ و ۳ متر) درخت عناب

Table 1- Relative variation and required sample size for spatial distribution of *Monosteira alticarinata* in three heights (1.5, 2 and 3 m) of jujube tree

ارتفاع Height	1.5 m	2 m	3 m
خطای نسبی RV	9.88	10.04	10.07
تعداد نمونه N	48.88	50.38	50.74

تعیین الگوی پراکنش فضایی مراحل مختلف سنک عناب بـا استفاده از روش نسبت واریانس به میانگین در ارتفاع‌های مختلف درختان میزبان

میانگین، واریانس، نسبت واریانس بـه میـانگین (S^2/m)، ضـریب پراکندگی (ID) و مقدار عددی Z مربوط به نمونـه‌بـرداری از مراحـل مختلف زندگی سنک عناب در ارتفاع‌های مورد بررسی به شرح جدول ۲ به دست آمد. بر اساس این نتـایج، توزیـع فضـایی کلیـه‌ی مراحـل زندگی سنک عناب در هر سه ارتفـاع مـورد بررسـی از نـوع تجمعـی (مقدار عددی Z بزرگ‌تر از ۱/۹۶+) تعیین شـد. فقـط توزیـع فضـایی حشره‌ی کامل در ارتفاع ۳ متر از نوع تصادفی (مقـدار عـددی Z بـین ۱/۹۶- و ۱/۹۶+) به‌دست آمد.

جدول ۲- پارامترهای محاسبه شده با استفاده از روش نسبت واریانس به میانگین برای تعیین نوع الگوی پراکنش فضایی مراحل مختلف زندگی سنک عناب (*Monosteira alticarinata*) در سه ارتفاع درخت عناب

Table 2- Parameters estimated by variance-mean method for spatial distribution of different life stages of *Monosteira alticarinata* in three heights (1.5, 2 and 3 m) of jujube tree

مرحله‌ی زندگی Life stage	ارتفاع نمونه‌برداری Sampling height	m	S^2	S^2/m	I_D	Z	توزیع فضایی Spatial distribution
تخم Egg	1.5 m	7.58	38.68	5.88	147.06	10.15	Aggregated
	2 m	7.14	39.38	5.52	137.92	9.61	Aggregated
	3 m	5.59	28.88	5.16	129.06	9.07	Aggregated
پوره Nymph	1.5 m	2.08	7.28	3.49	83.89	6.1	Aggregated
	2 m	1.87	4.19	2.24	55.96	3.58	Aggregated
	3 m	1.69	4.99	2.94	73.62	5.13	Aggregated
حشره کامل Adult	1.5 m	0.92	2.15	2.34	58.54	3.82	Aggregated
	2 m	0.65	1.09	1.67	41.73	2.14	Aggregated
	3 m	0.44	0.53	1.19	29.64	0.7	Random
پوره+حشره کامل Nymph+Adult	1.5 m	2.99	13.22	4.41	110.23	7.85	Aggregated
	2 m	2.52	6.5	2.57	64.34	4.34	Aggregated
	3 m	2.06	5.86	2.84	71.1	4.92	Aggregated
تخم+پوره+حشره کامل Egg+Nymph+Adult	1.5 m	9.57	60.73	6.34	158.59	10.81	Aggregated
	2 m	9.66	50.88	5.27	131.66	9.23	Aggregated
	3 m	7.66	39.89	5.21	130.26	9.14	Aggregated

جدول ۳- پارامترهای به دست آمده از شاخص لوید برای تعیین الگوی پراکنش فضایی مراحل مختلف زندگی سنک عناب (*Monosteira alticarinata*) در سه ارتفاع مختلف درخت عناب

Table 3- Parameters estimated by Lloyd´s mean crowding index for spatial distribution of different life stages of *Monosteira alticarinata* in three different heights (1.5, 2 and 3 m) of jujube tree

مرحله‌ی زندگی Life stage	ارتفاع نمونه‌برداری Sampling height	m	X^*	X^*/m	توزیع فضایی Spatial distribution
تخم Egg	1.5 m	6.58	9.37	1.43	Aggregated
	2 m	7.14	10.56	1.48	Aggregated
	3 m	5.59	8.66	1.55	Aggregated
پوره Nymph	1.5 m	2.08	3.59	1.72	Aggregated
	2 m	1.87	2.75	1.47	Aggregated
	3 m	1.7	2.75	1.62	Aggregated
حشره کامل Adult	1.5 m	0.92	1.59	1.75	Aggregated
	2 m	0.65	1.12	1.71	Aggregated
	3 m	0.44	0.57	1.3	Aggregated
پوره+حشره کامل Nymph+Adult	1.5 m	2.99	5.12	1.71	Aggregated
	2 m	2.52	3.69	1.46	Aggregated
	3 m	2.06	3.09	1.5	Aggregated
تخم+پوره+حشره کامل Egg+Nymph+Adult	1.5 m	9.57	12.94	1.35	Aggregated
	2 m	9.66	13.15	1.36	Aggregated
	3 m	7.65	10.85	1.42	Aggregated

تعیین الگوی پراکنش فضایی مراحل مختلف سنک عناب با استفاده از شاخص میانگین ازدحام لوید در ارتفاع‌های مختلف درختان میزبان

میانگین، میانگین ازدحام لوید و نسبت میانگین ازدحام لوید به میانگین مربوط به نمونه‌برداری از مراحل مختلف زندگی سنک عناب در ارتفاع‌های مورد بررسی به شرح جدول ۳ به دست آمد. بر اساس این نتایج، توزیع فضایی تخم، پوره، حشره‌ی کامل و مجموع پوره و حشره‌ی کامل در هر سه ارتفاع مورد بررسی از نوع تجمعی (مقدار عددی نسبت X^*/m بزرگ‌تر از ۱) تعیین شد.

تعیین الگوی پراکنش فضایی مراحل مختلف سنک عناب با استفاده از روش رگرسیونی تیلور در ارتفاع‌های مختلف درختان میزبان

آماره‌های رگرسیونی قانون توان تیلور برای مراحل مختلف زندگی *M. alticarinata* در سه ارتفاع مختلف درختان میزبان مطابق جدول ۴ به دست آمد. نتایج نشان داد که بر اساس روش تیلور، رگرسیون بین Log m و Log S^2 برای همه‌ی مراحل مورد بررسی در ارتفاعات مختلف معنی‌دار بود ($P < ۰/۰۵$). از آن جا که t محاسبه شده، بزرگ‌تر از t جدول (t_{table}= ۲/۰۶۴) بود، فرض صفر مبنی بر تصادفی بودن الگوی توزیع فضایی رد شد و چون مقدار شیب خط برای کلیه‌ی مراحل با یک اختلاف معنی‌دار داشت و بزرگ‌تر از ۱ بود ($b > ۱$)، پراکنش فضایی از نوع تجمعی به دست آمد.

جدول ٤- پارامترهای به دست آمده از روش رگرسیونی تیلور مربوط به الگوی پراکنش فضایی مراحل مختلف زندگی سنک عناب (*Monosteira altícarinata*) در سه ارتفاع مختلف درخت عناب.

Table 4- Parameters estimated by Taylor´s power law for spatial distribution of different life stages of *Monosteira alticarinata* in three different heights (1.5, 2 and 3 m) of jujube tree.

مرحله زندگی Life stage	ارتفاع نمونه‌برداری Sampling height	a±SE CI	b±SE CI	r^2	$t_{calculated}$	P_{value}	توزیع فضایی Spatial distribution
تخم Egg	1.5 m	0.063±0.104 (-0.152_0.278)	1.582±0.135 (1.304_1.860)	0.852	11.742	0.000 **	Aggregated
	2 m	0.292±0.092 (0.102_0.482)	1.407±0.115 (1.170_1.643)	0.862	12.267	0.000 **	Aggregated
	3 m	0.221±0.095 (0.026_0.417)	1.452±0.133 (1.177_1.728)	0.831	10.881	0.000 **	Aggregated
پوره Nymph	1.5 m	0.198±0.039 (0.118_0.279)	1.560±0.099 (1.357_1.764)	0.912	15.802	0.000 **	Aggregated
	2 m	0.234±0.023 (0.187_0.282)	1.209±0.050 (1.107_1.312)	0.961	24.402	0.000 **	Aggregated
	3 m	0.208±0.067 (0.069_0.347)	1.263±0.148 (0.958_1.568)	0.753	8.544	0.000 **	Aggregated
حشره کامل Adult	1.5 m	0.247±0.031 (0.182_0.312)	1.353±0.069 (1.210_1.496)	0.941	19.526	0.000 **	Aggregated
	2 m	0.195±0.025 (0.142_0.247)	1.115±0.040 (1.032_1.198)	0.970	27.833	0.000 **	Aggregated
	3 m	0.084±0.020 (0.043_0.124)	1.060±0.024 (1.011_1.109)	0.988	44.843	0.000 **	Aggregated
پوره+حشره کامل Nymph+Adult	1.5 m	0.160±0.046 (0.065_0.255)۰	1.677±0.093 (1.484_1.870)	0.931	17.965	0.000 **	Aggregated
	2 m	0.258±0.028 (0.201_0.315)	1.223±0.059 (1.102_1.344)	0.947	20.789	0.000 **	Aggregated
	3 m	0.215±0.028 (0.158_0.272)	1.355±0.060 (1.231_1.479)	۰/۹۵۵	22.498	0.000 **	Aggregated
تخم+پوره+حشره کامل Egg+Nymph+Adult	1.5 m	-0.152±0.119 (0.398_0.094)	1.778±0.127 (1.515_2.041)	0.890	13.966	0.000 **	Aggregated
	2 m	0.195±0.122 (-0.056_0.447)	1.453±0.131 (91.182_1.723)	0.837	11.085	0.000 **	Aggregated
	3 m	0.60±0.139 (-0.226_0.347)	1.561±0.166 (1.218_1.903)	0.787	9.406	0.000 **	Aggregated

** اختلاف معنی‌دار در سطح ۰/۰۱، a: عرض از مبدا، b: شیب خط رگرسیون، CI : فاصله‌ی اطمینان، $t_{calculated}$: t محاسبه شده، t_{table}= ۲/۰۶۴.

** significant difference at the level of 0.01, t_{table}= 2.064, CI: Confidence Interval, a: Intercept, b: slope of regression line.

تعیین الگوی پراکنش فضایی مراحل مختلف سنک عناب با استفاده از روش رگرسیونی آیوائو در ارتفاع‌های مختلف درختان میزبان

آماره‌های رگرسیونی روش آیوائو برای مراحل مختلف زندگی *M. alticarinata* در سه ارتفاع مختلف درختان میزبان مطابق جدول ۵ به دست آمد. نتایج نشان داد که بر اساس روش آیوائو، رگرسیون بین m (میانگین جمعیت) و m^* (شاخص میانگین ازدحام لوید) برای همه ی مراحل مورد بررسی در ارتفاعات مختلف معنی‌دار بود ($P < ۰/۰۵$). از آن جا که t محاسبه شده، بزرگ‌تر از t جدول (t_{table}= ۲/۰۶۴) بود، فرض صفر مبنی بر تصادفی بودن الگوی توزیع فضایی رد شد و چون مقدار ضریب آیوائو برای کلیه‌ی مراحل با یک اختلاف معنی‌دار داشت و بزرگ‌تر از ۱ بود ($\beta>1$)، پراکنش فضایی از نوع تجمعی محاسبه شد.

بحث

توزیع فضایی مراحل مختلف زندگی سنک *M. alticarinata* در سه ارتفاع درختان عناب با استفاده از شاخص ازدحام لوید و روش‌های رگرسیونی تیلور و آیوائو از نوع تجمعی به دست آمد. در مورد روش نسبت واریانس به میانگین که ساده‌ترین و اساسی‌ترین شاخص برای تعیین تجمع است (Lloyd, 1967) به استثنای یک مورد (توزیع فضایی حشره‌کامل در ارتفاع ۳ متر) که توزیع فضایی از نوع تصادفی بود در بقیه‌ی موارد از نوع تجمعی به دست آمد.

جدول ۵- پارامترهای به دست آمده از روش رگرسیونی آیوائو مربوط به الگوی پراکنش فضایی مراحل مختلف زندگی سنک عناب (*Monosteira alticarinata*) در سه ارتفاع مختلف درخت عناب

Table 5- Parameters estimated by Iwao´s patchiness regression for spatial distribution of different life stages of *Monosteira alticarinata* in three different heights (1.5, 2 and 3 m) of jujube tree

مرحله زندگی Life stage	ارتفاع نمونه‌برداری Sampling height	α±SE CI	β±SE CI	r^2	$t_{calculated}$	P_{value}	توزیع فضایی Spatial distribution
تخم Egg	1.5 m	−1.11±0.682 (−2.516_0.297)	1.594±0.084 (1.421_1.767)	0.938	19.047	0.000 **	Aggregated
	2 m	1.751±0.559 (0.596_2.905)	1.234±0.061 (1.109_1.360)	0.945	20.252	0.000 **	Aggregated
	3 m	1.149±1.086 (−1.092_3.390)	1.346±0.155 (1.026_1.667)	0.758	8.670	0.000 **	Aggregated
پوره Nymph	1.5 m	−0.401±0.493 (−1.418_0.616)	1.916±0.192 (1.520_2.312)	0.806	9.977	0.000 **	Aggregated
	2 m	0.466±0.148 (0.161_0.772)	1.220±0.058 (1.101_1.339)	0.949	21.134	0.000 **	Aggregated
	3 m	−0.040±0.236 (−0.527_0.447)	1.641±0.103 (1.429_1.854)	0.914	15.935	0.000 **	Aggregated
حشره کامل Adult	1.5 m	−0.200±0.193 (−0.598_0.197)	1.964±0.159 (1.635_2.292)	0.864	12.349	0.000 **	Aggregated
	2 m	0.173±0.115 (−0.064_0.411)	1.441±0.134 (1.164_1.718)	0.828	10.730	0.000 **	Aggregated
	3 m	0.057±0.062 (−0.070_0.185)	1.166±0.105 (0.948_1.383)	0.836	11.074	0.000 **	Aggregated
پوره+حشره کامل Nymph+Adult	1.5 m	−0.410±0.495 (−1.432_0.611)	1.844±0.134 (1.567_2.121)	0.887	13.726	0.000 **	Aggregated
	2 m	0.630±0.194 (0.230_1.030)	1.213±0.058 (1.093_1.332)	0.948	20.918	0.000 **	Aggregated
	3 m	0.007±0.202 (−0.410_0.425)	1.500±0.074 (1.348_1.651)	0.945	20.390	0.000 **	Aggregated
تخم+پوره+حشره کامل Egg+Nymph+Adult	1.5 m	−1.158±0.609 (−2.415_0.098)	1.473±0.053 (1.363_1.582)	0.970	27.755	0.000 **	Aggregated
	2 m	2.090±0.641 (0.768_3.412)	1.144±0.053 (1.035_1.254)	0.951	21.562	0.000 **	Aggregated
	3 m	1.181±1.228 (−1.354_3.715)	1.263±0.131 (0.993_1.534)	0.795	9.652	0.000 **	Aggregated

** اختلاف معنی‌دار در سطح ۰/۰۱، α: شاخص تعیین درجه انبوهی، β: شیب خط رگرسیون، CI : فاصله‌ی اطمینان، $t_{calculated}$: t محاسبه شده، t_{table}= ۲/۰۶۴.

** significant difference at the level of 0.01, t_{table}= 2.064, CI: Confidence Interval, a: Iwao Intercept, b: slope of regression line.

این بدان معناست که ارتفاع درخت عناب نقش چندانی در نوع پراکنش فضایی این آفت نداشت. پراکنش تجمعی، برای اکثر مراحل زندگی این آفت با روش‌های استفاده شده دلالت بر این دارد که حضور یک فرد در یک نقطه باعث افزایش احتمال حضور فرد دیگر در نزدیکی آن می‌شود و به عبارت دیگر احتمال اشغال هر یک از نقاط زیستگاه توسط افراد این آفت برابر نیست.

از آن جایی که در روش های رگرسیونی، میانگین و واریانس هر زمان نمونه‌برداری به طور جداگانه مورد استفاده قرار می‌گرفت، بنابراین روش‌های تیلور و آیوائو دقیق‌تر از روش نسبت واریانس به میانگین بود. در روش‌های رگرسیونی تیلور و آیوائو مقدار ضریب تبیین (r^2) در ارتفاع‌های مختلف و مراحل مختلف زندگی متفاوت به دست آمد. به عنوان مثال در مورد مرحله‌ی تخم در روش رگرسیونی تیلور مقدار r^2 در ارتفاع ۱/۵ متر ۰/۸۵۲ و در روش آیوائو ۰/۹۳۸ به دست آمد که بالاتر بودن مقدار r^2 در روش آیوائو نشان دهندهٔ کارایی بهتر این مدل در توجیه رابطهٔ میان واریانس و میانگین انبوهی تخم حشره بود. در ارتفاع ۲ متر نیز مقدار r^2 در روش آیوائو (r^2=۰/۹۴۵) به طور مشابه بیش‌تر از r^2 در روش تیلور (r^2= /۸۶۴) بود اما در ارتفاع ۳ متر مقدار r^2 در روش آیوائو (r^2=۰/۷۵۸) کم‌تر از r^2 در روش تیلور (r^2= /۸۳۱) بود و در این ارتفاع، کارایی روش تیلور بهتر از آیوائو بود. اما در مورد مرحله‌ی پورگی در سه ارتفاع ۱/۵، ۲ و ۳ متری درختان عناب، مقدار r^2 در روش رگرسیونی تیلور به‌ترتیب ۰/۹۱۲، ۰/۹۶۳ و ۰/۷۵۳ و در روش آیوائو به ترتیب ۰/۸۰۶، ۰/۹۴۹ و ۰/۹۱۴به دست آمد که بر عکس مرحله‌ی تخم نشان‌دهنده‌ی کارایی بهتر مدل تیلور در ارتفاع ۱/۵ و ۲ متری و روش آیوائو در ارتفاع ۳ متری در مرحله‌ی پورگی آفت است. در مورد مرحله‌ی حشره‌ی کامل و پوره+حشره‌ی کامل مقادیر r^2 در هر سه ارتفاع در روش تیلور بالاتر از آیوائو بود.

تیلور (Taylor, 1984) با بررسی منابع به این نتیجه رسید که توزیع تجمعی یا کپه‌ای مرسوم‌ترین الگوی پراکنش فضایی در دنیای حشرات مضر است. این نوع پراکنش ممکن است در تمام طول زندگی یک حشره یا بخشی از آن مشاهده شودکه با نتایج به دست آمده در این بررسی مطابقت دارد. تیلور همچنین اظهار کرد بر خلاف فراسنجه‌هایی مانند نرخ رشد جمعیت و تولیدمثل که ممکن است از یک نسل به نسل دیگر تغییر کنند، توزیع فضایی یک ویژگی نسبتاً ثابت است. نتایج این بررسی با نتایج تعدادی از پژوهشگران همخوانی داشت. به عنوان مثال، در بررسی‌های توکلی‌زاده و همکاران (Tavakoli Zadeh *et al.*, 2019) در منطقه‌ی رفسنجان، الگوی پراکنش فضایی پوره‌ی پسیل معمولی پسته *A. pistaciae* در سه ارتفاع بالا، پایین و میانی درخت با روش نسبت واریانس به میانگین، شاخص ازدحام لوید و روش‌های رگرسیونی تیلور و آیوائو از نوع تجمعی و برای تخم پسیل نیز با استفاده از روش‌های نسبت واریانس به میانگین و شاخص ازدحام لوید از نوع تجمعی گزارش شد. همچنین لشکری و شهبازوار (Lashkari and Shahbazvar, 2016) الگوی توزیع فضایی پوره‌ی پسیل آسیایی مرکبات *Diaphorina citri* Kuwayama در نیمه‌ی بالایی و پایینی آسمانه درختان لیمو و پرتقال را با روش‌های نسبت واریانس به میانگین، شاخص پراکنش، شاخص ازدحام لوید و روش رگرسیونی تیلور از نوع تجمعی به دست آوردند. ده‌پهنی و همکاران (Deh-Pahni *et al.*, 2020) توزیع فضایی کلیه‌ی مراحل نابالغ زنجره مو *A. kermanshah* را با استفاده از روش شاخص ازدحام لوید از نوع تجمعی به دست آوردند. اختر و همکاران (Akhtar *et al.*, 2010) الگوی فضایی شته‌ی خردل *Lipaphis erysimi* Kaltenbach و زنبور پارازیتوئید آن *Diaeretiella rapae* MacIntosh را روی گیاه خردل سیاه با استفاده از شاخص‌های نسبت میانگین به واریانس و شاخص میانگین ازدحام لوید، از نوع تجمعی به دست آوردند. در بررسی‌های انجام یافته روی چهار گونه شته‌ی غلات شامل *Diuraphis noxiae* Mordvilko، *Metopolophium dirhoclum* Walker، *Sitobion avenae* Fabricius و *Schizaphis graminum* Rondani در گندم بهاره، در جنوب غربی آیداهو پراکنش فضایی تمام گونه‌ها با استفاده از قانون توان تیلور از نوع تجمعی گزارش گردید (Feng and Nowierski, 1992). کیان‌پور و همکاران (Kianpur *et al.*, 2010) توزیع فضایی زنجرک‌های *B. tabaci* و *B. argentifolii* و زنجرک *E. decipiens* را در مزارع بادنجان منطقه‌ی ورامین با استفاده از روش‌های شاخص ازدحام لوید و روش‌های رگرسیونی تیلور و آیوائو از نوع تجمعی گزارش کردند. الگوی پراکنش فضایی پوره و حشرات کامل پسیل گلابی *Cacopsylla pyri* Linnaeus با استفاده از روش رگرسیونی تیلور و آیوائو از نوع تجمعی گزارش شده است (Sanchez and Ortin-Angulo, 2011). توزیع فضایی پسیل آسیایی مرکبات *D. citri*، روی لیموترش و پرتقال، با استفاده از روش‌های مختلف نسبت واریانس به میانگین، شاخص ازدحام لوید و روش‌های رگرسیونی تیلور و آیوائو از نوع تجمعی گزارش شد (Lashkari and Shahbazvar, 2016).

الگوی فضایی شته‌ی مومی کلم *Brevicoryne brassicae* Linnaeus و زنبور پارازیتوئید آن *D. rapae* با هر دو روش رگرسیونی تیلور و آیوائو از نوع تجمعی به دست آمد (Haqqani *et al.*, 2004; Amini and Maddi, 2014). این محققین با توجه به ضریب تبیین (r^2) بالاتر رگرسیون در مدل تیلور، این مدل را در پیشگویی نوع الگوی پراکنش شته‌ی مومی کلم و زنبور پارازیتوئید آن بهتر از آیوائو دانستند. افشاری و دسترنج (Afshari and Dastranj, 2009) الگوی پراکنش فضایی شته‌های خوشه‌ی گندم شامل *S. avenae* و *S. graminum* را با روش‌های نسبت واریانس به میانگین، روش‌های رگرسیونی تیلور و آیوائو از نوع تجمعی گزارش کردند و بر اساس ضرایب تبیین (r^2) به دست آمده، مدل تیلور برای برآورد پراکنش فضایی شته‌ها مناسب‌تر از آیوائو بود.

البته گزارش‌هایی نیز وجود دارد که روش رگرسیونی آیوائو در مقایسه با تیلور برای تعدادی از حشرات از کارایی بیش‌تری برخوردار است که با بخشی از نتایج ما در این بررسی مطابقت دارد. به عنوان مثال صبوری و همکاران (Sabouri *et al.*, 2018) در بررسی پراکنش فضایی شته‌های مهم یونجه گزارش کردند که بر اساس مقادیر r^2 مدل آیوائو مناسب‌تر از تیلور برای نشان دادن رابطه‌ی بین واریانس و میانگین بود. غلامی‌مقدم و همکاران (Gholam Moghaddam *et al.*, 2018) نیز در بررسی پراکنش فضایی پوره های پسیل پسته *A. pistaciae* در ارقام مختلف پسته با روش‌های رگرسیونی تیلور و آیوائو، کارایی بهتر مدل آیوائو را در توجیه رابطه‌ی میان واریانس و میانگین انبوهی حشره (به دلیل بالاتر بودن مقدار r^2 در مدل آیوائو) اعلام کردند. بر اساس مقادیر ضرایب تبیین به دست آمده در تعیین پراکنش پسیل زبان گنجشک *P. discrepans*، مدل آیوائو در مقایسه با مدل تیلور همبستگی بیش‌تری با داده‌ها داشت و بهتر از شاخص تیلور داده های این آفت را برازش کرد (Jamshidi *et al.*, 2017). در بررسی الگوی پراکنش فضایی شته‌ٔ نخود، *Acyrthosiphon pisum* و کفشدوزک‌های شکارگر آن، *Hippodamia variegata* و *Coccinella septempunctata*، مشخص شد، مدل آیوائو مناسب‌تر از مدل تیلور برای توصیف رابطهٔ میانگین و واریانس بود (Soleimani and Madadi, 2013). با وجود این، در بسیاری از مطالعات شاخص تیلور به دلیل عدم تغییر در مقابل نوسان‌های اندک محیط (Nestel *et al.*, 1995) و عدم تأثیرپذیری از اندازه‌ی نمونه (Croft *et al.*, 1976) کارایی بیشتری نسبت به شاخص آیوائو دارد (Arbab, 2006; Farrar and Haghani, 2012;

Mohiseni and Kushki, 2016). به نظر می‌رسد میزان انبوهی، تحرکات حشره تعیین کننده‌ی الگوی پراکنش آن است. به طوری که در حشراتی که کم‌تحرک هستند و در یک جا ساکن مانده، زاد و ولد می‌کنند، یا حرکات موضعی محدود دارند وقوع تجمع در انبوهی بالا محتمل است. این با وضعیت سنک عناب در این بررسی، شته‌ی کوچک گردو (Mahdavi et al., 2015)، شته‌ی مومی کلم (Haghani et al., 2004)، کنه‌ی تارتن دولکه‌ای (Ahmadi et al., ; So, 19912005) و سرخرطومی یونجه (Haddadi et al., 2016) در سایر بررسی‌ها تایید می‌شود. ازطرفی، در مورد حشرات پرتحرک مانند ملخ ایتالیایی با افزایش سن، افراد به تدریج از هم فاصله گرفته و پراکنش از حالت کپه‌ای خارج می‌شود (Alipour, 2011). در بررسی‌های تعدادی از محققین الگوی توزیع فضایی لارو بالپولک داران مختلف از نوع توزیع تصادفی به دست آمد. این پژوهشگران دلیل این امر را تحرکات زیاد شب‌پره‌ها و نحوه‌ی تخم‌ریزی آن‌ها گزارش کردند (Story and Keaster, 1982; Goze et al., 2003; Mendoza et al., 2008; Melo et al., 2006). در تعدادی از حشرات ناهماهنگی بین زیستگاه‌ها و محیط و رفتارها و عواملی که به شرایط محیطی وابسته نیستند، به‌عنوان دلایل اصلی توزیع فضایی تجمعی در آن‌ها عنوان شده‌اند (Nehrangi and Vahedi, 2018; Zareii Ahmad-Abadi et al., 2022) که می‌تواند در مورد سنک عناب در این پژوهش نیز صادق باشد.

ژنتیک، الگوهای رفتاری و محیط می‌تواند تعیین کننده‌ی توزیع فضایی افراد جمعیت در یک اکوسیستم باشد. به‌عنوان مثال دلیل تجمع برخی از حشرات مانند پسیل‌ها واکنش رفتاری تجمعی فعال ذاتی آن‌ها ذکر شده است مانند شرایطی که حضور یک نفر سایر افراد را به منظور تغذیه، تولیدمثل و نیز به دلیل برخی ناهمگنی‌های زیستگاه و محیط مانند ریزاقلیم و بخش ترجیحی گیاه جذب می‌کند (Lashkari and Shahbazvar, 2016; Jamshidi et al., 2017). عوامل مختلفی از جمله شکل و شیوه‌ی کاشت زراعت‌ها، میزان یکنواختی محصول، نوع خاک (Rajabi, 1999) ارقام مختلف گیاهی (Sedaratian et al., 2010; Gholam Moghaddam et al., 2018)، توانایی پراکنش گونه‌ها، تعاملات بین افراد و انتخاب زیستگاه (Vinatier et al., 2011) می‌توانند در شکل و نوع پراکنش فضایی حشره تأثیرگذار باشند. اطلاعات به‌دست آمده در این بررسی، می‌تواند در طراحی و توسعه‌ی برنامه‌های نمونه‌برداری و به دنبال آن راهبردهای مدیریتی مناسب برای کنترل سنک عناب استفاده شود.

منابع

1- Alipour, M. (2011). *Population dynamics of the most common species of grasshoppers in Khodaafarin*. M.Sc. thesis on Agricultural Entomology, Islamic Azad University, Tabriz branch, 69 p. (In Persian)

2- Afshari, A., & Dastranj, M. (2009). Density, spatial distribution and sequential sampling plans for cereal aphids infesting wheat spike in Gorgan, northern Iran. *The Journal of Plant Protection (Scientific Journal of Agriculture), 32*(2), 89-102. (In Persian)

3- Ahmadi, M., Fathipour, Y., & Kamali, K. (2005). Population density and spatial distribution pattern of *Tetranychus urticae* Koch on different bean cultivars in Tehran region. *Iranian Journal of Agriculture Science, 36*(5), 1087-1092. (In Persian)

4- Akhtar, M.S., Dey, D., & Usmani, M.K. (2010). Spatial distribution of mustard aphid *Lipaphis erysimi* (Kaltenbach) vis-à-vis its parasitoid, *Diaeretiella rapae* (M'intosh). *World Applied Sciences Journal*, *11*(3), 284-288.

5- Amini, B., & Madadi, H. (2014). Spatial distribution of *Brevicoryne brassicae* and *Diaeretiella rapae* and development a fixed precision sampling plan. *Plant Pests Research, 4*(1), 1-10. (In Persian with English abstract)

6- Arbab, A. (2006). Spatial distribution pattern of immature stages of alfalfa seed weevil, *Tychius aureolus* (Keiswetter) (Col.Curculionidae), and alfalfa seed wasp, *Brochophagus roddi*, (Hym. Eurytomidae) (Gussakovski) in alfalfa seed fields. *Journal of Agricultural Sciences, 12*(2), 263-268. (In Persian with English abstract)

7- Bakhshizadeh, N., Mohiseni, A., & Fathi, S.A.A. (2011). Spatial distribution patterns and fixed-precision sequential sampling plans for estimating population overwintered adult sunn pest, Eurygaster integriceps Put. in rainfed wheat fields in Ardabil province. *The Journal of Plant Protection (Scientific Journal of Agriculture), 33*(2), 63-75. (In Persian)

8- Boeve, P.J., & Weiss, M. (1998). Spatial distribution and sampling plans with fixed levels of precision for cereal aphids (Homoptera: Aphididae) infesting spring wheat. *The Canadian Entomologist, 130*(1), 67-77. https://doi.org/10.4039/Ent13067-1

9- Cho, K., Eckel, C.S., Walgenbach, J.F., & Kennedy, G.G. (2005). Spatial distribution and sampling procedures for *Frenkliniella spp*. in stanked tomato. *Journal of Economic Entomology, 88*(6), 1658-1665.

10- Croft, B.A., Welch, S.M., & Dover, M.J. (1976). Dispersion statistics and sample size estimates for populations of the mite's species *Panonychus ulmi* and *Amblyseius fallacis* on apple. *Environmental Entomology, 5*(2), 227-233. https://doi.org/10.1093/ee/5.2.227

11- Darbemamieh, M., Fathipour, Y., & Kamali, K. (2011). Population abundance and seasonal activity of *Zetzellia*

pourmirzai (Acari: Stigmaeidae) and its preys *Cenopalpus irani* and *Bryobia rubrioculus* (Acari: Tetranychidae) in sprayed apple orchards of Kermanshah, Iran. *Journal of Agricultural Science and Technology*, *13*(2), 143–154.

12- Deh-Pahni, S., Vahedi, H., & Darbemamieh, M. (2020). Spatial distribution of grape leafhopper, *Arboridia kermanshah* (Hemiptera: Cicadellidae) immature stages, in vineyards of Kermanshah County. *Journal of Applied Research in Plant Protection*, *9*(4), 49-60. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22034/ARPP.2021.12239.

13- Faleiro, J.R., Kumar, J.A., & Rangnekar, P.A. (2002). Spatial distribution of red palm weevil *Rhynchophorus ferrugineus* Oliv. (Coleoptera: Curculionidae) in coconut plantations. *Crop Protection*, *21*(2), 171-176. https://doi.org/10.1016/S0261-2194(01)00083-7.

14- Farrar, N., & Haghani, M. (2012). Spatial distribution of *Thiacidas postica* Walker (Lepidoptera: Noctuidae) larvae on *Ziziphus spina-christi* in Bushehr region. *Plant Pests Research*, *2*(1), 21-28. (In Persian with English abstract)

15- Feng, M.G., & Nowierski, R.M. (1992). Spatial distribution and sampling plans for four species of cereal aphids (Homoptera: Aphididae) infesting spring wheat in southwestern Idaho. *Journal of Economic Entomology*, *85*(3), 830-837. https://doi.org/10.1093/jee/85.3.830

16- Gholam Moghaddam, S., Moeini-Naghadeh, N., & Naderloo, L. (2018). Population density of *Agonoscena pistaciae* (Hemiptera: Psyllidae) and spatial distribution pattern of its nymphs on three pistachio varieties in Khorasan Razavi province. *Iranian Journal of Plant Protection Science*, *49*(1), 57-67. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22059/ijpps.2018.229355.1006769

17- Ghouth, K. (2009). *Ziziphus jujube, the neglected fruit*. Saeedimanesh Press. 351 p. (In Persian)

18- Gossner, M.M. (2009). Light intensity affects spatial distribution of Heteroptera in deciduous forests. *European Journal of Entomology*, *106*(2), 241–252. https://doi.org/10.14411/eje.2009.032

19- Goze, E., Nibouche, S., & Deguine, J.P. (2003). Spatial and probability distribution of *Helicoverpa armigera* (Hubner) (Lepidoptera: Noctuidae) in cotton: Systematic sampling, exactconfidence intervals and sequential test. *Biological Sciences*, *32*(5), 1203-1210. https://doi.org/10.1093/ee/32.5.1203

20- Haddadi, A., Iranipour, S., Kazemi, M.H., & Alizadeh, E. (2016). Spatial distribution of alfalfa leaf weevil, *Hypera postica* (Col.: Curculionidae) in Urmia. *Journal of Field Crop Entomology*, *6*(1), 35-51. (In Persian with English abstract)

21- Haghani, M., Fathipour, Y., Hosseini, A., Talebi, A., Moharramipour, S., & Bahrami, F. (2004). *Spatial distribution pattern of Brevicoryne brassicae (Hem.: Aphididae) and its parasitoid Diaeretiella rapae (Hym.: Aphidiidae).* In the Sixteenth Iranian Plant Protection Congress Proceedings. University of Tabriz, Iran (Vol 1, P. 11).

22- Hughes, G. (1996). Incorporating spatial pattern of harmful organisms into crop loss models. *Crop Protection*, *15*(5), 407-421. https://doi.org/10.1016/0261-2194(96)00003-8

23- Iwao, S., & Kuno, E. (1968). Use of the regression of mean crowding on mean density for estimating sample size and the transformation of data for the analysis of variance. *Researches on Population Ecology*, *10*(2), 210-214. https://doi.org/10.1007/BF02510873

24- Jamshidi, A., Vahedi, H.A & Zamani, A.A. (2017). Population dynamic, the spatial distribution pattern and management of ash tree, *Fraxinus rotundifolia* psyllid *Psyllopsis discrepans* Flor (Hem., Psyllidae) in Kermanshah Province, Iran. *Journal of Iranian Plant Protection Research*, *30*(4), 727-743. (In Persian). https://doi.org/10.22067/JPP.V30I4.55216

25- Jarosik, V., Honek, A., & Dixon, A.F.G. (2003). Natural enemy ravine revisited: the importance of sample size for determining population growth. *Ecological Entomology*, *28*(1), 85-91. https://doi.org/10.1046/j.1365-2311.2003.00485.x.

26- Khodayari, S., Fathipour, Y., Kamali, K., & Naseri, B. (2010). Seasonal activity of *Zetzellia mali* (Stigmaeidae) and Its preys *Eotetranychus frosti* (Tetranychidae) and *Tydeu longisetosus* (Tydeidae) in unsprayed apple orchards of Maragheh, Northwestern of Iran. *Journal of Agricultural Science and Technology*, *12*, 549–558.

27- Kianpur, R., Fathipour, Y., & Kamali, K. (2010). Population fluctuation and spatial distribution patterns of *Bemisia tabaci* and *Bemisia argentifolii* and *Empoasca decipiens* on eggplants in Varamin. *Plant Pests and Diseases*, *77*(2), 71-94. (In Persian with English abstract)

28- Lashkari, M.R., & Shahbazvar, N. (2016). Spatial distribution pattern of *Diaphorina citri* Kuwayama (Hem: Liviidae) on lime (*Citrus aurantifolia*) and orange (*Citrus sinensis*) in citrus orchards of Iran. *Entomology and Applied Science Letters*, *3*(2), 81-87.

29- Liu, C., Wang, G., Wang, W., & Zhou, S. (2002). Spatial pattern of *Tetranychus urticae* population in apple tree garden. *Journal of Applied Ecology*, *13*(8), 993-996. PMID: 12418263.

30- Lloyd, M. (1967). Mean crowding. *Journal of Animal Ecology*, *36*(1), 1-30. https://doi.org/10.2307/3012

31- Mahdavi, H., Iranipour, S., Mehrvar, A., & Karimzadeh, R. (2015). Spatial distribution of *Chromaphis juglandicola* (Kaltenbach) (Hem.: Aphididae) in east AzerbaijanWalnut Orchards. *Journal of Applied Research in Plant*

Protection, *4*(2), 27-40. (In Persian with English abstract)
32- Melo, E.P.de., Fernandes, M.G., Degrande, P.E., Cessa, R.M.A., Salomao, J.L., & Nogueira, R.F. (2006). Spatial distribution of plants infested with *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) on corn crop. *Neotropical Entomology*, *35*(5), 689-97. https://doi.org/10.1590/s1519-566x2006000500018
33- Mendoza, H., Barbosa, L., Gonzalez, G., & Perez, M. (2008). Spatial distribution of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in maize landraces grown in Colima, Mexico. *International Journal of Tropical Insect Science*, *28*(3), 126-129. https://doi.org/10.1017/S1742758408096112
34- Mohiseni, A., & Kushki, M.H. (2016). Fixed precision sequential sampling plans of two spotted spider mite, *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) in *Phaseolus vulgaris* L. Fields. *Plant Pest Research*, *6*(3), 11-23. (In Persian with English abstract)
35- Moodi, S. (2002). Introduction of *Monosteira alticarinata* Gh. (Hemiptera: Tingidae) and its damage on jujube trees in Iran. In *the fifteenth Iranian Plant Protection Congress Proceedings. Razi University, Kermanshah*. (Vol 1, P. 189). (In Persian)
36- Nehrangi, H., & Vahedi, H.A. (2018). Population fluctuations and the spatial distribution pattern of the scale insect, *Kermes quercus* (L.) (Hem.: Kermesidae) in *Quercus* spp. Oak forests of Gilan-e-Gharb. *Iranian Journal of Forest and Range Protection Research*, *16*(1), 13-34. https://doi.org/10.22092/ijfrpr.2018.121477.1331. (In Persian with English abstract)
37- Nestel, D., Cohen, H., Saphir, N., Klein, M., & Mendel, Z. (1995). Spatial distribution of scale insects: Comparative study using Taylor's power law. *Environmental Entomology*, *24*(3), 506-512. https://doi.org/10.1093/ee/24.3.506
38- Patil, G.P., & Stiteler, W.M. (1974). Concepts of aggregation and their quantification: a critical review with some new results and applications. *Researches on Population Ecology*, *15*(1), 238-254. https://doi.org/10.1007/BF02510670
39- Pedigo, L.P., & Buntin, G.D. (1994). *Handbook of sampling methods for arthropods in agricultur*e. CRC Press, Florida.
40- Rahmani, H., Fathipour, Y., & Kamali, K. (2010). Spatial distribution and seasonal activity of *Panonychus ulmi* (Acari: Tetranychidae) and its predator *Zetzellia mali* (Acari: Stigmaeidae) in apple orchards of Zanjan, Iran. *Journal of Agricultural Science and Technology*, *12*(2), 155–65.
41- Rajabi, Gh. (1999). *Insect ecology (with regard to Iranian conditions and emphasis on practical points).* Ministry of Agriculture Extension, Education and Research Organization, 649 p. (In Persian)
42- Sabouri, I., Mohseni Amin, A., Alipanahi, N., Goldasteh, Sh., & Chavoshi, S. (2018). Spatial distribution pattern of important alfalfa aphids in north of lorestan province. *Journal of Entomological Research*, *10*(3), 153-161. (In Persian with English abstract)
43- Sanchez, J.A., & Ortin-Angulo, M.C. (2011). Sampling of *Cacopsylla pyri* (Hemiptera: Psyllidae) and *Pilophorus gallicus* (Hemiptera: Miridae) in pear orchards. *Journal of Ecoomic Entomology*, *104*(5), 1742-1751. https://doi.org/10.1603/ec11040
44- Sedaratian, A., Fathipour, Y., Talebi, A.A., & Farahani, S. (2010). Population density and spatial distribution pattern of *Thrips tabaci* (Thysanoptera: Thripidae) on different soybean varieties. *Journal of Agricultural Science and Technology*, *12*(3), 275-288.
45- Shanower, T.G., & Romeis, J. (1999). Insect pests of pigionpea and their management. *Annual Review of Entomology*, *44*, 77-96. https://doi.org/10.1146/annurev.ento.44.1.77
46- So, P.M. (1991). Distribution patterns and sampling plans for *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) on roses. *Researches on Population Ecology*, *33*(2), 229-243. https://doi.org/10.1007/BF02513551
47- Soleimani, S., & Madadi, H. (2013). Spatial distribution pattern of pea aphid, *Acyrthosiphon pisum* and predatory ladybirds *Coccinella septempunctata* and *Hippodamia variegata* in alfalfa fields of Hamedan. *Biological Control of Pests and Plant Diseases*, *2*(2), 139-148. (In Persian). https://doi.org/10.22059/JBIOC.2014.51686
48- Southwood, T.R.E. (1978). *Ecological methods with particular reference to the study of insect populations*. 2nd ed. Chapman and Hall, London.
49- Southwood, T.R.E. (1995). *Ecological methods with particular reference to the study of insect populations.* Champan and Hall, London. UK.
50- Southwood, T.R.E., & Henderson, P.A. (2000). *Ecological methods*. Third edition. Blackwell Sciences, Oxford.
51- Story, R.N., & Keaster, A.J. (1982). The Overwintering biology of the black cutworm, *Agrotis ipsilon*, in field cages (Lepidoptera: Noctuidae). *Journal of the Kansas Entomological Society*, *55*(3), 621-624. https://www.jstor.org/stable/25084339
52- Tahergorabi, Z., Abedini, M.R., Moodi, M., Hassanpour Fard, M., & Beydokhti, H. (2015). "*Ziziphus jujuba*": A red fruit with promising anticancer activities. *Pharmacognosy* Reviews, *9*(18), 99-106. https://doi.org/10.4103/0973-7847.162108

53- Tavakoli Zadeh, A., Hassani, M.R., & Sheibani Tezerji, Z. (2019). Spatial distribution of immature stages of *Agonoscena pistaciae* (Hemiptera: Aphalaridae) in Rafsanjan region. *Iranian Journal of Plant Protection Science, 49*(2), 289-298. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22059/ijpps.2018.244929.1006810

54- Tawizi, H. (2018). *Jujube: plant, grow and harvest*. Agricultural Education affiliated to the Office of Educational Technology Services of the Ministry of Agricultural Jihad. First edition. 84 p. (In Persian)

55- Taylor, L.R. (1961). Aggregation, variance to the mean. *Nature*, *189*, 732–735.

56- Taylor, L.R. (1984). Assessing and interpreting the spatial distribution of insect population. *Annals Review of Entomology*, *29*, 321-358. https://doi.org/10.1146/annurev.en.29.010184.001541

57- Vinatier, F., Tixier, P., Duyck, P.F., & Lescourret, F. (2011). Factors and mechanisms explaining spatial heterogeneity: a review of methods for insect populations. *Methods in Ecology and Evolution*, 2, 11–22. https://doi.org/10.1111/j.2041-210X.2010.00059.x

58- Winder, L., Perry, J.N., & Holland, J.M. (1999). The spatial and temporal distribution of the grain aphid *Sitobion avenae in* winter wheat. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, *93*(3), 277-290. https://doi.org/10.1046/j.1570-7458.1999.00588.x

59- Zareii Ahmad-Abadi, Z., Darbemamieh, M., & Vahedi, H.A. (2022). Population fluctuation and spatial distribution pattern of the nut scale, *Eulecanium tiliae* (L.) (Hem.: Coccidae) on Cherries of the West of Iran. *Journal of Agricultural Science and Technology, 24*(3), 649-663.

60- Zargari, A. (1997). *Medicinal plants (volume 1).* University of Tehran Printing and Publishing Institute. 976 p. (In Persian)